



Croissance urbaine et risques naturels : présentation introductive

Robert d'Ercole, Jean-Claude Thouret, Jean-Pierre Aste, Olivier Dollfus,
Avijit Gupta

► To cite this version:

Robert d'Ercole, Jean-Claude Thouret, Jean-Pierre Aste, Olivier Dollfus, Avijit Gupta. Croissance urbaine et risques naturels : présentation introductive. Bulletin de l'Association de géographes français, 1995, Croissance urbaine et risques naturels (en particulier dans les pays en développement), 4, pp.311-338. hal-01165458

HAL Id: hal-01165458

<https://hal.science/hal-01165458>

Submitted on 19 Jun 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Robert d'Ercole
Olivier Dollfus
A. Gupta
M. Jean-Claude Thouret
J.-P. Aste

Présentation introductive

In: Bulletin de l'Association de géographes français, 72e année, 1995-4 (septembre). Croissance urbaine et risques naturels. pp. 311-338.

Citer ce document / Cite this document :

d'Ercole Robert, Dollfus Olivier, Gupta A., Thouret Jean-Claude, Aste J.-P. Présentation introductive. In: Bulletin de l'Association de géographes français, 72e année, 1995-4 (septembre). Croissance urbaine et risques naturels. pp. 311-338.

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/bagf_0004-5322_1995_num_72_4_1843

Robert d'ERCOLE(1*), Jean-Claude THOURET(2*)
(avec la collaboration de J.P. ASTE(3*), O. DOLLFUS(4*), A. GUPTA(5*))

CROISSANCE URBAINE ET RISQUES NATURELS: PRÉSENTATION INTRODUCTIVE

Mots-clés: croissance urbaine, risques naturels.

Ce numéro du *Bulletin de l'Association de Géographes Français* résume les résultats des tables rondes et de 41 contributions de chercheurs français et étrangers au colloque international « Croissance urbaine et risques naturels » qui s'est déroulé à l'Université Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand, les 2 et 3 décembre 1994 (1, 2).

L'objectif général du colloque international « Croissance urbaine et risques naturels dans les pays en développement » était de rassembler les diverses compétences existant en France et à l'étranger dans le domaine de l'évaluation et de la gestion des risques naturels et de confronter les expériences acquises à l'interface entre les villes en croissance et le champ d'action des phénomènes naturels créateurs de risques. Le colloque a donc réuni des chercheurs, des doctorants et des praticiens de 12 pays, chargés de prévention, de gestion des risques naturels et de gestion urbaine, principalement dans les grandes villes des pays en développement (P.E.D.).

Parvenus à mi-chemin de la Décennie Internationale pour la Prévention des Catastrophes Naturelles, nous avons porté des regards croisés sur les approches naturalistes et sociologiques des risques naturels. Il est maintenant nécessaire de faire converger ces approches, non seulement dans la connaissance des menaces et des risques, mais dans la gestion du risque quotidien en milieu urbain. Nous avons concentré ces approches dans les pays en développement; en effet, le site de leurs grandes villes coïncide souvent avec le champ d'action des phénomènes naturels générateurs de

(1*) Maître de Conférence, Département de Géographie, Université des Antilles et de la Guyane, 97275 Schoelcher Cedex Martinique.

(2*) Professeur C.R.V. U.R.A. I.O.-C.N.R.S. et Université Blaise-Pascal, Clermont II, 29, bd Gergovia, 63000 Clermont Ferrand.

(3*) Professeur associé, IGA, Université J. Fourier, 17, rue Maurice-Gignoux, 38031 Grenoble Cedex.

(4*) Professeur U.F.R. Géographie, Histoire et Sciences de la Société, Université de Paris VII, 2, place Jussieu, 75251 Paris Cedex 05.

(5*) Professeur à la National University of Singapore.

(1) On trouvera en annexe les informations concernant le colloque, ainsi que la liste complète des communications.

(2) Un ouvrage rassemblant 41 « résumés étendus » a été distribué au début du colloque (cf. liste en annexe) et les articles complets sont publiés dans 4 revues nationales et internationales (Revue de Géographie Alpine, Cahiers des Sciences humaines-O.R.S.T.O.M., GeoJournal et ce Bulletin de l'A.G.F.).

ce domaine d'étude et de recherche, nous préférons le terme de *menace* à celui d'*aléa*, dont l'origine étymologique ne correspond pas à l'un des termes de l'acception du risque communément admise. Le risque technologique n'est pas abordé ici ; en revanche, l'approche du risque urbain au sens large n'est pas négligée.

L'interface : une croissance urbaine accélérée, surtout dans les P.E.D.

La population citadine mondiale est de 2,2 milliards d'individus environ ; dans les P.E.D., elle s'élève à environ 800 millions, surtout en Amérique latine, en Afrique, en Chine et en Inde. La croissance urbaine est très élevée dans ces pays en développement : de 17 % en 1950, la population urbaine de ces Etats représente 34 % en 1990 et probablement 57 % en 2025. En 2025, on dénombrera au moins 90 villes dont la population excédera 5 millions d'habitants, dont 80 dans les P.E.D. (fig. 2). C'est le nombre des « mégacités » (> 1 million d'habitants) qui augmente le plus vite au sein des villes, pour atteindre au moins 300 au début du vingt et unième siècle. Or, plus de 40 % de la population urbaine des P.E.D. sont directement ou indirectement menacés par des phénomènes naturels créateurs

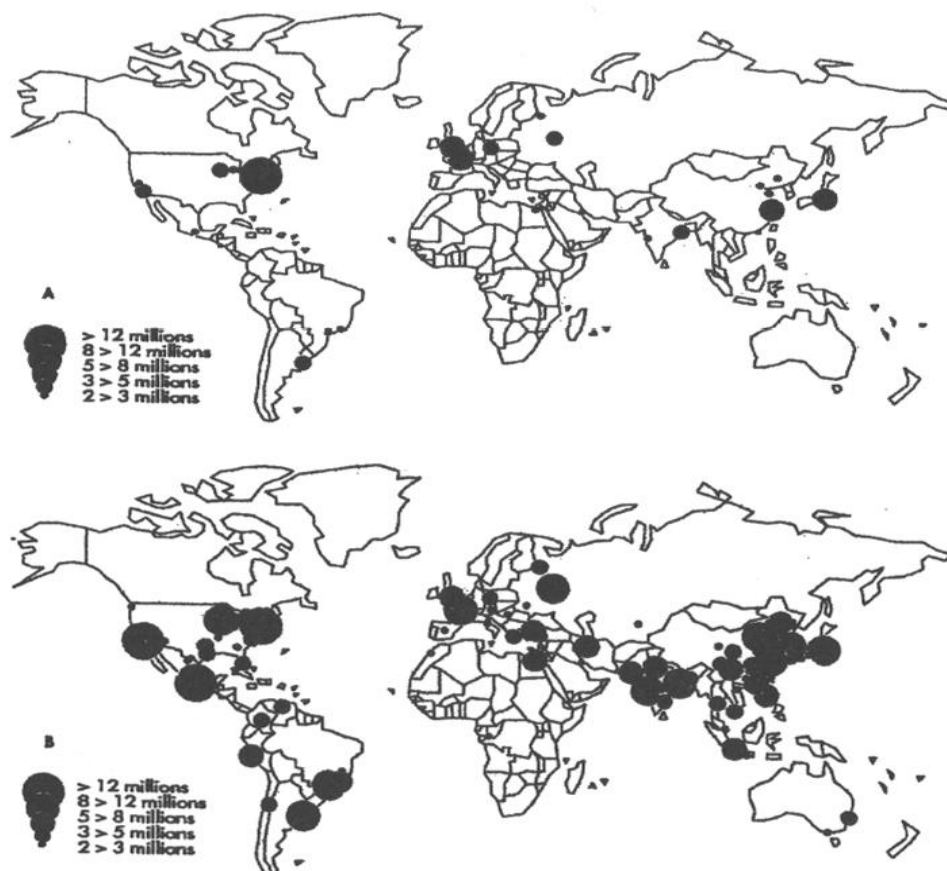


Fig. 2. A. Villes de plus de 2 millions d'habitants en 1950 (d'après Brunn et Williams, *Cities of the world*. World Regional Urban Development, 1983). B. Villes de plus de 2 millions d'habitants en 1990 (d'après l'Annuaire démographique des Nations Unies).

de dommages potentiels. A titre d'exemple, dans 10 ans, 500 millions de personnes seront directement ou indirectement exposées aux menaces volcaniques dans le monde, surtout dans les P.E.D. ((3) Tilling et Lipman, 1993). Une telle croissance urbaine se traduit à l'évidence par une consommation d'espace sans précédent, les surfaces urbanisées ayant cru 20 à 40 fois depuis 30 à 40 ans environ et, par conséquent, par une utilisation de zones dangereuses: des rivages, des piémonts inondables ou subsidents et surtout des pentes peu ou pas constructibles. Or, cette croissance urbaine s'accompagne non seulement d'une altération des rapports ville-campagne traditionnels, mais aussi de multiples dysfonctionnements urbains internes, à la fois techniques et socio-économiques, voire politiques. Ces dysfonctionnements freinent ou inhibent le développement d'une véritable planification urbaine préventive.

Les contributions ont été regroupées, exposées et discutées lors du colloque sous forme de 3 thèmes (4, 5, 6). Certaines d'entre elles ont fait l'objet des quatre articles de ce *Bulletin de l'Association de Géographes Français* (7).

1. Les phénomènes naturels créateurs de dommages (= menaces): diagnostic, inventaire et typologie (4)

Les phénomènes naturels créateurs de dommages font l'objet d'une évaluation qualitative et quantitative, afin d'inventorier et de classer les menaces et les contraintes de l'environnement, souvent montagnard, sur le milieu urbain. On s'attache aussi à évaluer les relations entre les effets des catastrophes naturelles et les conséquences de la croissance urbaine dans les pays en développement. L'exemple retenu pour ce Bulletin concerne l'île de la Réunion (D. Lorion).

2. Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés: concepts, typologie et modes d'analyse (5)

Les différentes formes de la vulnérabilité sont décrites et analysées dans l'évaluation, la prévention et la gestion des risques en milieu urbain. Les différentes approches disciplinaires de la vulnérabilité, l'analyse sociologique et psychologique des comportements individuels et collectifs, ainsi que la préparation et l'adaptation des populations citadines aux risques sont envisagées. L'étude de l'habitat urbain précaire et la segmentation des sociétés urbaines exposées aux risques, l'analyse des relais institutionnels, des acteurs et des décideurs impliqués dans la gestion

(3) Tilling R.I. et Lipman P.W. (1993) Lessons in reducing volcano risk. *Nature*, 364, 277-280.

(4) Animateurs: O. Dollfus, A. Gupta et J.C. Thouret.

(5) Animateurs: P. Peltre, R. d'Ercole et J.K. Mitchell.

(6) Animateurs: J.P. Asté, J. Hanisch et I. Nossin.

(7) Il s'agit des articles de M.J. Steinberg, E. Velásquez *et al.*, D. Lorion, Leone *et al.*

urbaine sont également pris en considération. Nous avons retenu pour ce numéro une contribution de E. Velásquez *et al.* qui pose la question globale de la communication entre les intervenants dans le domaine des risques naturels et urbains.

3. Les outils d'aide à la prévention et à la gestion du risque en milieu urbain (6)

Les méthodes d'évaluation des risques et leur validité pour la gestion urbaine sont examinées: enquêtes, cartographie intégrée, outils statistiques et infographiques (S.I.G.), imagerie, systèmes experts en milieu urbain; planification urbaine de prévention (simulacres) et de gestion (plan de contingence, scénario), approche «coût-bénéfice», etc. Dans ce cadre, J. Steinberg présente un exemple de méthode cartographique des risques naturels dans la zone urbanisée de Créteil-Valenton.

THÈME 1

LES PHÉNOMÈNES NATURELS CRÉATEURS DE DOMMAGES (= MENACES): DIAGNOSTIC, INVENTAIRE ET TYPOLOGIE

Les auteurs du diagnostic ont passé en revue 6 types de phénomènes menaçants (mouvements de terrain, séismes, crues et inondations, éruptions volcaniques, cyclones et tsunamis, les deux premiers étant les plus étudiés: fig. 3) et n'ont pas oublié les menaces induites (érosion, dégradation de l'environnement, etc.). La sécheresse et d'autres menaces «naturelles» agissant à long terme et sur de très vastes surfaces n'ont pas été

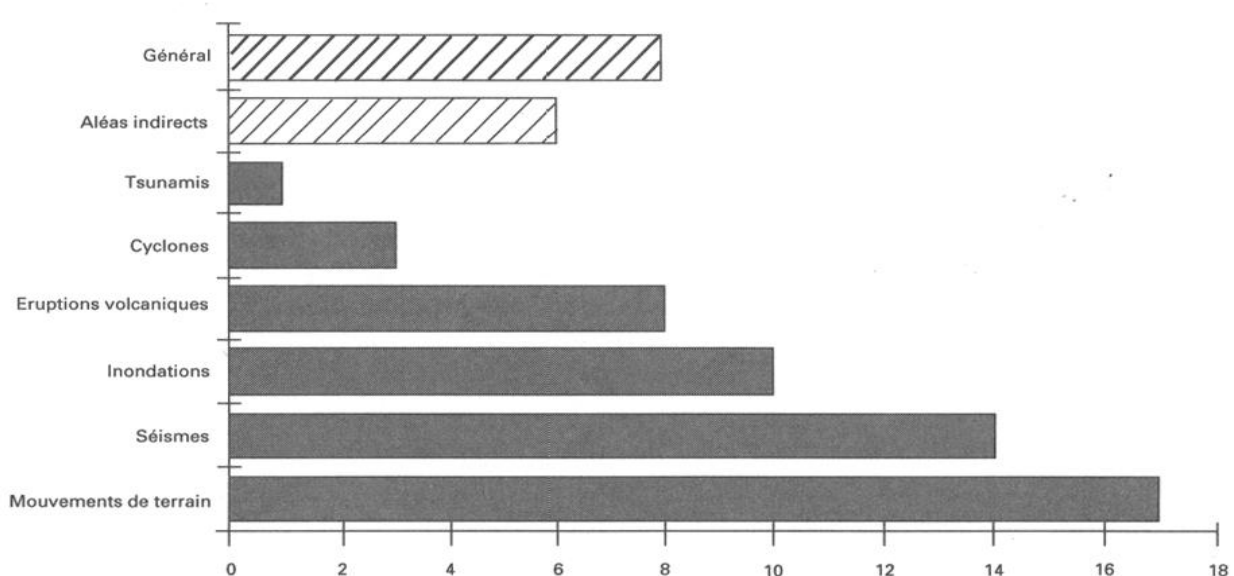
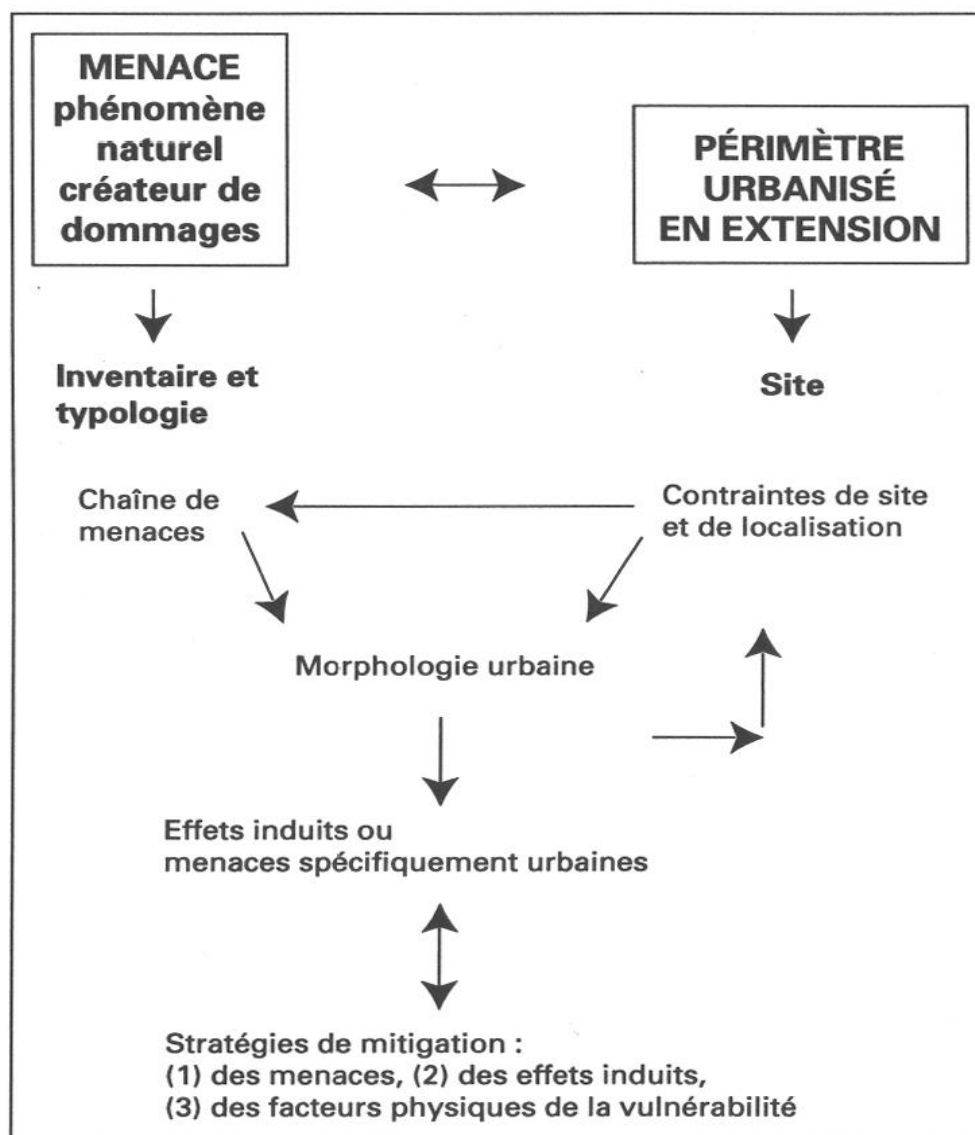


Fig. 3. Contribution au colloque: les aléas ou menaces.

abordées, puisque les phénomènes étudiés sont localisés à l'échelle d'une ville, d'un groupe de villes ou d'une conurbation (de quelques dizaines de milliers à 6 millions d'habitants dans le cas de Lima). Le tableau I, ci-dessous, résume les approches des relations unissant les phénomènes naturels et la croissance urbaine des P.E.D., à travers les 12 communications de la première table ronde.



Les *questions* directement ou indirectement posées dans les contributions sont de trois ordres :

- une menace donnée présente-t-elle dans les villes des caractéristiques spécifiques ?
- en corollaire existe-il des menaces spécifiquement urbaines, notamment dans les P.E.D. ?

– la ville tend-elle à engendrer des chaînes de menaces ou plutôt induit-elle davantage d'effets lorsqu'un phénomène naturel menaçant se présente?

On comprend que ces questions ne puissent pas être posées sans renvoyer au contexte de la vulnérabilité des sociétés citadines (cf. thème II) et de risque en général. Cependant, les communications du premier thème permettent d'aborder de manière analytique l'inventaire et le diagnostic des phénomènes naturels.

1. Inventaire et diagnostic des phénomènes naturels menaçants

Combien de personnes sont menacées? La population sévèrement affectée par des désastres augmenterait de 6% par an, c'est-à-dire le double du croît démographique moyen dans le monde (U.N.D.R.O., 1991) et 3 millions de personnes ont été tuées par des phénomènes naturels au vingtième siècle: cependant, 76% d'entre elles appartenaient aux pays en développement, contre 24% dans les pays développés ou assimilés.

Les phénomènes naturels menaçants sont communs en ville et surtout dans celles des P.E.D. En effet, 4 villes sur 5 sont situées sur des rivages (menacés par les trajectoires des cyclones tropicaux), notamment sur des marges continentales ou insulaires actives (sismiques ou volcaniques ou menacées par des tsunamis), sur des fleuves et des rivières (inondations, subsidence des deltas), sur des pentes et des flancs de montagne (volcaniques ou tectoniques) et enfin dans des couloirs montagneux. Une attention particulière a été portée à la localisation des menaces, en montrant selon leurs types et leurs enchaînements, les aires affectées et les dommages correspondant aux magnitudes: de l'aire précise d'un glissement de terrain à celle plus vaste et floue d'une aspersion de cendres. Les villes décrites dans les communications témoignent de la coïncidence entre les sites et les types de menaces (fig. 1): Kingston en Jamaïque (cyclones, inondations, mouvements de terrain, séismes), Cusco au Pérou méridional (chaîne de montagne active, sismicité, mouvements de terrain), Chlef (ex-El Asnam) en Algérie (séismes), les villes des D.O.M. des Antilles françaises et de la Réunion (cyclones et inondations), la ville de Limbe au Cameroun (sismicité, volcanisme, glissements de terrain, inondation). Bien que les phénomènes menaçants et les contextes géographiques soient presque tous représentés dans les contributions, les villes africaines apparaissent moins étudiées que leurs homologues américaines et asiatiques.

Les menaces indirectes ont également fait l'objet d'un inventaire: érosion à long terme, détérioration de l'environnement, atteintes aux paysages urbains, voire impact écologique. Les effets indirects peuvent être générés par le sous-dimensionnement ou l'absence d'entretien des ouvrages de protection; enfin, l'érosion indirecte peut résulter du débordement de crue et de lahar dans les bassins-versants secondaires, pourtant situés en dehors des trajectoires des écoulements habituels (Merapi, Pinatubo).

2. Banalité, mais enchaînement des phénomènes menaçants en milieu urbain

L'inventaire des menaces a reflété leur banalité en périmètre urbain, comme dans les milieux ruraux très densément peuplés, la ville ne multipliant pas les menaces naturelles mais leurs conséquences. Ceci s'explique de trois façons.

Le contexte topoclimatique et orographique exerce le rôle majeur sur la transformation de la menace en chaîne de phénomènes générateurs de dommages. F. Pagney montre que le contexte de moyenne montagne des Antilles aggrave la menace en accentuant le caractère pluvio-orageux des tempêtes tropicales. Celles-ci entraînent des crues brutales sur des terres basses inondables de piémont, édifiées par des cours d'eau à caractère torrentiel. Dans les villes des P.E.D. comme en France, les inondations sont banales le long des grandes plaines alluviales à crue lente ou des torrents à crue rapide; elles sont en fait aggravées par le frein ou l'absence d'évacuation des eaux pluviales dans un contexte imperméabilisé (crues urbaines: G. Garry et Y. Veyret). Dans le cas des mouvements de masse déclenchés par les pluies durables et/ou violentes et par les séismes (liquéfaction), l'instabilité des terrains, des formations superficielles et des sols n'est pas davantage incriminée en milieu urbain, mais elle est accrue par une mauvaise régulation du drainage et par des techniques de construction mal conduites. C'est le cas des remblais hydrauliques construits sans précaution, qui colmatent les réseaux de drainage (Manizales, Colombie: rupture de remblai et coulée de terre rapide et meurtrière en décembre 1993) et de l'enterrassement des pentes qui favorise le ruissellement concentré.

La récurrence des phénomènes naturels générateurs de dommages représente assurément l'un des problèmes de recherche majeurs pour qui veut évaluer la fréquence, puis la probabilité d'une menace. Les contributions ont montré que cet objectif était difficile à atteindre, en particulier pour les phénomènes géodynamiques à faible récurrence et à localisation aléatoire. Sa traduction cartographique en terme de «zones probablement affectées par une menace naturelle» reste malaisée, à la fois dans sa définition et dans son application. Le calcul de la récurrence n'est possible que pour des phénomènes fréquents sur une longue période de temps connue (carte d'inondabilité de crue par exemple) et doit s'inscrire dans une approche de type scénario (sismique ou volcanique), illustré dans sa répartition spatiale par un support cartographique évolutif de type S.I.G.

En ville, c'est l'action humaine qui accentue les effets dommageables des phénomènes naturels. Deux types de zones urbaines sont généralement désignés comme dangereux: les secteurs en construction et les logements sur pentes raides et dans les lits majeurs inondables. Le cas de Limbe (Cameroun) comme celui de Buenos Aires illustrent l'absence de maîtrise de l'espace et de la croissance urbaine: les inondations sont accélérées par l'extension anarchique des habitations dans les zones marécageuses, l'accroissement des surfaces imperméabilisées, l'encombrement

des lits des cours d'eau, les aménagements mal intégrés y compris les ouvrages de génie civil. Les mouvements de masse sont accentués par la déforestation et l'extension de l'habitat ou des aménagements agricoles, l'absence de maîtrise des eaux de ruissellement. Les séismes ont des effets néfastes dus à la mauvaise qualité du bâti et à l'absence de législation anti-sismique appropriée. Au contraire, le cas de Singapour (A. Gupta), soumise aux inondations mais aussi à une planification urbaine préventive bien conduite (réseaux d'évacuation des eaux excédentaires) démontre qu'une politique volontariste, appuyée sur un financement adéquat, permet de s'affranchir en partie des effets induits des menaces. Il faut cependant souligner le fait que les pluies enregistrées à Singapour (1650-2550 mm/an sur 180 jours environ) ne sont ni exceptionnelles ni très violentes.

3. Les contraintes géographiques aggravantes : site et morphologie urbaine

Les phénomènes géodynamiques et hydro-météorologiques induisent davantage d'effets, car la localisation et le site des villes des P.E.D. ne correspondent plus aux espaces peu dangereux choisis par les premiers occupants. Les sites initiaux étaient justifiés à l'époque coloniale (ports et marine à voile par exemple) ou coïncidaient avec les rares terrains peu inclinés (plaines alluviales et cônes de déjection). Au vingtième siècle en revanche, l'accroissement des surfaces construites est si rapide que la majorité des sites potentiels s'étendent sur des zones dangereuses : pentes (Kingston, Cusco, Manizales), piémonts (Villavicencio, Arequipa), vallées inondables (Fort-de-France, Saint-Pierre), marécages (Limbe), bassins ou couloirs intramontagneux (Kathmandu, Quito ; Cusco et Huaraz), ravines (la Réunion). Ces sites d'urbanisation précoce ne sont pas plus dangereux que ceux des villes occidentales, mais ils coïncident avec le champ d'action de phénomènes générateurs de dommages (ex-Kingston, Jamaïque), tels que les cyclones tropicaux et surtout avec les marges actives des plaques lithosphériques (côtes de l'océan Pacifique).

La plupart des sites actuels des villes des P.E.D. sont encore plus spécifiques que leur localisation et sont en fait des sites qui conduisent à une « vulnérabilité forcée » (A. Collin-Delavaud), Manizales (Colombie) et Cusco (Pérou) étant démonstratives à cet égard. Depuis les années 1945-1950 environ, les sites peu dangereux et initialement urbanisés ont été largement dépassés et la croissance urbaine s'est traduite par l'invasion des pentes peu ou pas constructibles. En effet, cette croissance urbaine, unique dans l'histoire, s'accomplit dans des sociétés dont les habitants sont pauvres en majorité et en même temps à un coût minimal pour les économies. En conséquence, une partie des constructions urbaines s'opère sur des terrains restés vacants parce que non constructibles au regard des normes de sécurité (pentes de mauvaise qualité géotechnique) ou faciles à occuper parce qu'ils ne représentent pas d'enjeux fonciers ;

d'autant plus que les nouveaux migrants, souvent d'origine rurale sont habitués à vivre avec les phénomènes menaçants, si fréquents en montagne. La spéculation foncière joue un rôle plus important que la qualité des terrains constructibles: les nouveaux arrivants n'ont pas le choix, car les terrains de mauvaise qualité sont les moins chers (croissance en auréole ou bandes, au-delà des centres et des banlieues) ou bien les terrains construits et proches du centre-ville peuvent être investis (densification de l'habitat et remplissage des espaces intra-urbains). Des lieux dangereux sont donc habités et, généralement, les autoconstructions ne répondent pas aux exigences les plus élémentaires de la sécurité. Les municipalités laissent faire à cause de contraintes politiques, du manque de moyens et de la durée limitée du mandat de leurs magistrats.

L'exposition des sites aux phénomènes naturels menaçants est encore accentuée par la morphologie urbaine. En effet, celle-ci est plus hétérogène à l'échelle de la ville et à celle du quartier, depuis le moment où le site initial des quartiers coloniaux a été débordé. Dans les villes récentes (Amérique latine), ce type de site a été dépassé au plus tard vers 1950. Ce fait se traduit par la mauvaise qualité du bâti face aux séismes (Limbe), aux glissements de terrain répétés (Manizales, Cusco), par l'inadéquation de la voirie à l'acheminement des secours en cas de sinistre et surtout en cas de catastrophe. Le site à l'échelle du quartier rend compte de l'inégalité de l'impact d'un séisme et des dégâts consécutifs, en fonction du bâti et du substratum (Chlef-El Asnam, 1980; Popayan, 1983; Mexico, 1985, Northridge, 1994). R. Carreño cite l'allongement démesuré mais forcé de Cusco (rapport longueur/largeur de 16 à 1 dans un couloir intra-montagneux), qui implique la prépondérance de l'avenue principale, source de dysfonctionnements permanents, voire de blocages en cas de sinistre. Le site exposé retentit sur les blocages intra-urbains: trafic intense, ravitaillement gêné en temps normal, acheminement des secours obéré en cas de crise, réseaux d'évacuation inappropriés, etc.

4. La croissance urbaine mal contrôlée aggrave l'effet de site

La croissance urbaine exponentielle depuis 30 à 50 ans et l'exposition du site aux phénomènes menaçants sont reflétées par des facteurs physiques et techniques accentuant la capacité d'endommagement des phénomènes géophysiques et hydro-météorologiques. En particulier, toutes les contributions dénoncent l'intervention de facteurs physiques dont l'homme est directement responsable (Cusco, Limbe): l'extension des surfaces bâties imperméabilisées non seulement inhibe l'infiltration, accentue le ruissellement et canalise les écoulements, mais crée une chaîne d'effets induits. L'exemple des villes des Antilles montre la canalisation des crues brutales et les inondations (débit spécifique centennal $30 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$) dans les zones récemment urbanisées. Le cas de la subsidence accélérée dans le périmètre urbanisé de Bangkok et du Caire reflète le pompage de la nappe phréatique, etc. L'étude de Limbe ou d'Arequipa dénonce des effets anthropiques directs: constructions dans les chenaux,

dans les zones marécageuses et inondables, encombrement des lits des cours d'eau. Les effets indirects sont des boucles de rétroaction positive: les auréoles de pauvreté construites à la périphérie des villes et la densification de l'espace construit ou des terrains vagues à l'intérieur des périmètres urbains entraînent l'accroissement des dégâts en cas de séismes (absence de règles antisismiques, hétérogénéité du bâti). Ils provoquent aussi des glissements de terrain (absence de maîtrise de l'hydraulique et du drainage), des crues et des inondations, par l'absence de réseaux de collecteurs des eaux pluviales ou par le mauvais curage. De nombreux exemples sont cités par G. Garry et Y. Veyret. Les modes d'occupation du sol sont à la fois la source des effets néfastes induits dans les villes des P.E.D. et la conséquence des politiques foncières.

On aboutit ainsi à la présence de villes hors-normes dans les P.E.D., dont la vulnérabilité est aggravée par le site et la morphologie urbaine. Les catastrophes se traduisent alors par un endommagement équivalent à plusieurs % du P.N.B. annuel d'un état. Par exemple, les séismes de Limon en 1991 et de El Asnam ont coûté environ 5-8,5% du P.N.B. annuel du Costa Rica et de l'Algérie en 1980 et celui de Mexico en 1985 20% du P.N.B. mexicain. A ces chiffres doivent être ajoutés les endommagements indirects et difficilement mesurables: emplois, activité économique à long terme, atteintes aux écosystèmes, aux paysages, etc.

Conclusions et recommandations

Les réponses aux 3 questions posées lors du colloque sont les suivantes:

1) La ville en général et celle des P.E.D. en particulier ne multiplie pas les menaces, mais leurs effets induits;

2) Les menaces ne sont pas spécifiques dans les villes, mais les chaînes de menaces sont moins banales, parce que: (1) Les contextes topoclimatiques et orographiques aggravent les effets dans les pays montagneux ou littoraux et surtout dans les villes; (2) Les dysfonctionnements urbains, internes et externes, accentuent l'enchaînement des effets et les facteurs anthropiques aggravent leurs conséquences;

3) Les contraintes des sites, vite débordés par une croissance urbaine sans précédent et la morphologie urbaine issue de la croissance démographique rapide rendent les villes hors-norme et leur vulnérabilité endémique.

Les recommandations exprimées lors du débat de synthèse sont de trois ordres:

1) *Mettre au point des méthodes d'analyse des menaces en milieu urbain et tester leur fiabilité.* De nouvelles approches englobent la métrologie, l'évaluation quantitative, la simulation analytique (lahars du Pichincha Guagua à Quito: P. Peltre), la modélisation analogique ou numérique et les scénarios infographiques. L'étude des risques au sens large n'a pas de sens sans l'étude approfondie des phénomènes menaçants pour la

mise au point de scénarios (sismiques, éruptifs). Ceci implique un inventaire détaillé et une mesure des effets des menaces, une amélioration des systèmes d'alerte spécifiques et enfin une mise en œuvre de mesures de mitigation passive et active contre les effets des phénomènes naturels.

2) *Mettre au point des stratégies de mitigation des facteurs physiques de la vulnérabilité, sinon des menaces elles-mêmes.* Après avoir démontré les différences des dynamismes éruptifs et des effets des éruptions au Mont Saint-Helens (1980) et au Pinatubo (1991) dans les contextes aussi variés que l'Ouest des U.S.A. et l'île de Luzon aux Philippines, Rosenfeld et Pearson ont insisté sur le long terme nécessaire (au moins 10 ans) pour entreprendre une mitigation effective des effets induits, en l'occurrence la sédimentation et l'érosion post-éruptive dans plusieurs bassins-versants (tableau II).

Table II – Comparisons – Mount St. Helens and Mount Pinatubo

	Mount St. Helens	Mount Pinatubo
Physical factors		
Location	Within national forest No local population center	Within agricultural area 30 km urban center
Number river basins affected	1	8/5
Land use	Recreation/timber	Urban/agricultural
Climatic patterns	Four seasons	Two seasons (dry/wet)
Eruption factors		
Pattern of eruption	Lateral (slope failure)	Vertical
Material type	Debris avalanche/pyroclastic/ash	Pyroclastic/ash
Material size	Boulder – silt	Gravel – silt
Volume of material	3.0 billion m ³	5.6 billion m ³
Mitigation scale	One basin	Multiple basins
Approach	Initial Small sediment retention structural dredging Final Sediment retention – structural Controlled discharge – lakes	Initial Sabo structures desilting levees Final Studies ongoing

Une stratégie de mitigation efficace soulève des besoins pressants:

- des systèmes de surveillance fiables, robustes, simples et en temps réel avec, en corollaire, des systèmes d'alerte autorisant des temps de réponse très courts;

- des mesures de génie civil efficaces, par exemple les *sabo dams* en Indonésie, l'endiguement des ravines à la Réunion, le dragage et l'endiguement des rivières colmatées par les lahars autour du Mont Saint-Helens, etc. Ces mesures de protection ont pourtant des effets pervers qui encouragent la croissance urbaine et provoquent l'accroissement de la vulnérabilité par le sentiment de fausse sécurité;

– une coopération internationale et pluridisciplinaire visant à traiter les crises de grande ampleur (cf. le Pinatubo en 1991), mener une surveillance fondée sur un réseau mobile d'intervention et former des experts autochtones: ateliers-école sur une cible de recherche commune, ateliers de démonstration pour toute une gamme d'activités de migration, etc.

3) *Sensibiliser les populations et les responsables.* Il s'agit de promouvoir une interaction plus efficace de la communauté scientifique avec les autorités civiles et le public. Le problème crucial réside dans la maîtrise du foncier et la consommation de l'espace convoité, qui renvoie à la différence entre une construction pilotée (état, collectivité) et les quartiers auto-construits (sous-intégrés, non protégés) et donc à l'absence ou au débordement des instruments juridiques appropriés. Ceci implique l'ambitieuse et difficile mise sur pied d'une planification préventive urbaine, par exemple à Manizales (Padem: S.D. Prieto) ou à Singapour. Cette planification implique par conséquent une volonté politique à long terme et, enfin, un modèle de développement urbain durable.

THÈME 2:

LES VULNÉRABILITÉS DES SOCIÉTÉS ET DES ESPACES URBANISÉS: CONCEPTS, TYPOLOGIE ET MODES D'ANALYSE

Une vingtaine de communications ont abordé la question des vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés, dont 12 directement. Dans un premier temps, notre synthèse présente les concepts et les différentes approches de la vulnérabilité. La démarche qualitative fondée sur la prise en compte des facteurs de vulnérabilité a fait l'objet du grand nombre de contributions. Ces facteurs sont donc analysés dans un deuxième temps. Un regard critique est ensuite porté sur la relation entre l'évaluation et la réduction de la vulnérabilité. Enfin, les possibilités de convergence entre les différentes approches sont examinées et plusieurs pistes de recherche sont lancées.

1. Les concepts et les approches

Le système de vulnérabilité

La vulnérabilité apparaît dans certaines communications comme un système, articulé autour d'un grand nombre de variables, naturelles et humaines, dont la dynamique dans le temps et dans l'espace peut engendrer des situations plus ou moins dangereuses pour une société exposée. En milieu urbain, ce système trouve ses racines dans le fonctionnement même de la ville (November) et/ou à l'extérieur de celle-ci (Dory). Il semble ainsi difficile de distinguer une vulnérabilité liée aux phénomènes naturels d'une vulnérabilité, produit de phénomènes sociaux spécifiquement urbains. D'où l'expression «risque urbain» parfois préférée à celle de «risques naturels dans la ville». Le système de vulnérabilité se

compose d'éléments vulnérables et de facteurs (fig. 4). A partir de là, trois démarches sont proposées. Elles sont sensiblement différentes mais elles poursuivent un objectif identique, à savoir l'analyse de la vulnérabilité.

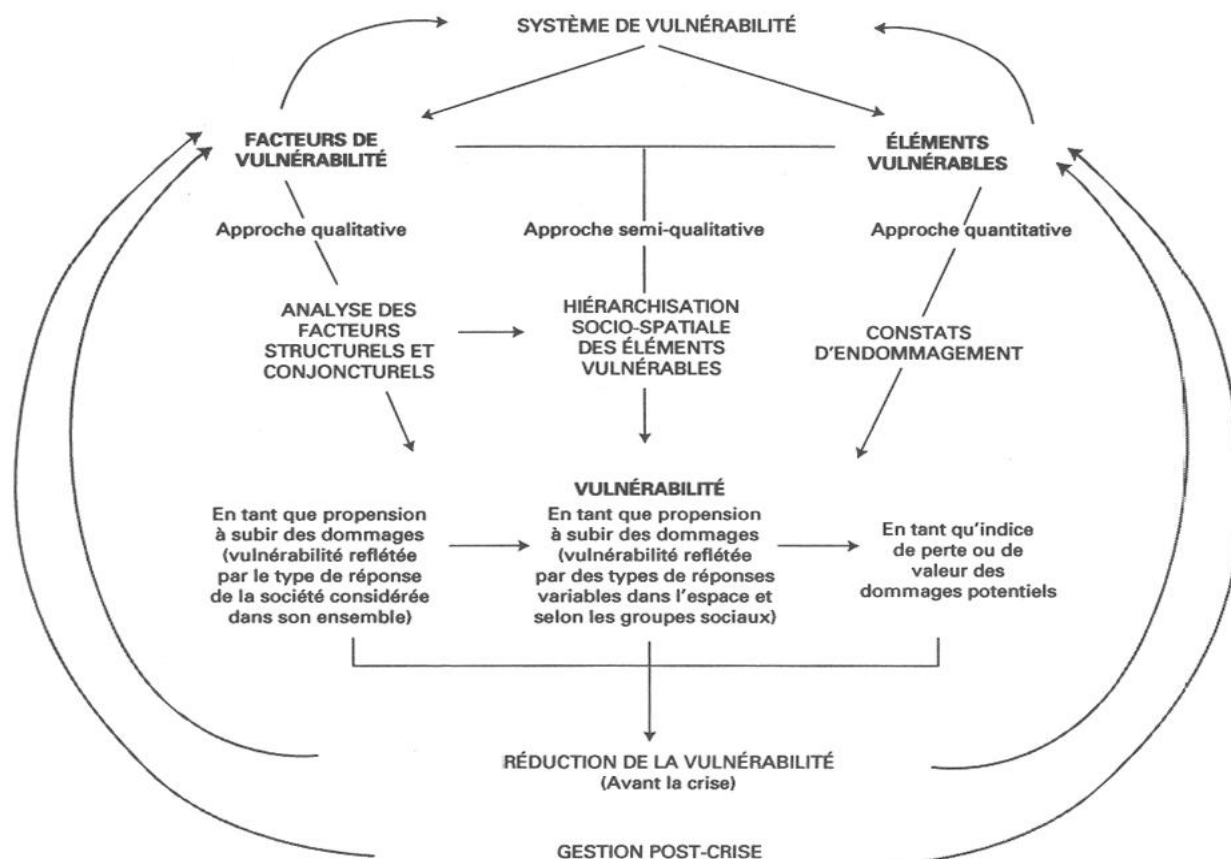


Fig. 4. Synthèse des différentes approches de la vulnérabilité et relations.

Démarche qualitative portant sur les facteurs de vulnérabilité

Cette démarche vise à cerner la vulnérabilité à travers les différents facteurs qui tendent à la faire varier. La vulnérabilité apparaît comme la propension d'une société donnée à subir des dommages en cas de manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique. Cette propension varie selon le poids de certains facteurs qu'il est nécessaire d'identifier et d'analyser, car ils induisent un certain type de réponse de la société pouvant aller de l'absorption passive au refus radical de l'endommagement. Une méthode d'approche de ces facteurs débouchant sur une typologie des réponses sociales a été proposée (Thouret et d'Ercole). Dans la plupart des communications, les facteurs de vulnérabilité apparaissent pour illustrer un discours portant sur l'aléa, le risque ou les outils associés, plus rarement comme objet d'étude. Cependant, si certains facteurs apparaissent très fréquemment (comme le problème de la croissance démogra-

phique et urbaine et de son accélération, les facteurs socio-économiques ou les facteurs techniques et fonctionnels), d'autres sont plus rarement signalés (facteurs institutionnels et politico-administratifs, législation et réglementations, facteurs conjoncturels). L'approche est parfois générale et concerne les P.E.D. (Garry et Veyret) ou l'Amérique latine (Collin-Dela-vaud). Plus souvent, il s'agit d'études de cas localisées. Les contributions suivant cette démarche qualitative sont de loin les plus nombreuses. Elles seront analysées dans la deuxième partie de cette synthèse.

Démarche semi-quantitative intégrant à la fois les facteurs de vulnérabilité et les éléments vulnérables

Cette deuxième démarche découle de la précédente. La vulnérabilité est toujours considérée comme une propension à subir des dommages, mais la société n'est plus appréciée de manière globale ou suivant les thématiques résumées ci-dessus. La démarche va plus loin car, semi-quantitative, elle débouche sur une hiérarchisation sociale et/ou spatiale des éléments exposés (les habitants d'une ville, leurs biens ou leurs activités). L'un de ses objectifs est l'élaboration de cartes de vulnérabilité. Deux communications illustrent cette démarche.

L'étude de Lavigne et Thouret porte sur les régions exposées aux lahars du volcan Merapi (Java, Indonésie). Au stade méthodologique, elle propose d'évaluer la vulnérabilité des populations, du patrimoine et de l'économie locale à l'intérieur de zones obtenues par un microzonage cartographique des lahars. La méthode de A.C. Chardon concernant la vulnérabilité de la ville de Manizales (Colombie) face à un ensemble de risques naturels est proche de la précédente dans l'esprit, mais sensiblement différente sur le plan technique. La hiérarchisation spatiale de la vulnérabilité et la cartographie des zones vulnérables sont issues du croisement d'une quinzaine de facteurs naturels, techniques et sociaux de vulnérabilité choisis comme indicateurs pertinents.

Démarche quantitative portant sur les éléments vulnérables

Alors que les deux démarches précédentes sont liées, la troisième s'est, jusqu'à présent, totalement démarquée des premières. Elle se fonde essentiellement sur l'élément vulnérable à partir duquel il s'agit de mesurer les conséquences, en cas de survenue d'un phénomène générateur de dommages. La vulnérabilité est ici conçue comme le % (ou une valeur allant de 0 à 1), de ce qui peut être perdu en cas de sinistre. Cette démarche est employée depuis longtemps, notamment par certains économistes dont le but est d'aider les décideurs à formuler et à chiffrer leurs politiques de prévention. Suivant des techniques d'évaluation parfois complexes, elle vise à mettre en balance les répercussions économiques des dégâts occasionnés par une catastrophe potentielle et les coûts entraînés par la réalisation de mesures visant à en limiter les effets. Il s'agit là d'analyses de vulnérabilité stricto sensu, associées à des analyses coûts-bénéfices.

Les travaux de S. Mora, à propos de la ville de Cartago au Costa Rica, reposent sur cette logique. Les dommages humains et économiques liés à des lahars du rio Reventado issues du volcan Irazú sont évalués selon trois scénarios possibles (petite, moyenne ou grande extension des lahars). Ce type d'étude demeure cependant indicatif, en raison de biais volontaires mais importants dans l'estimation des paramètres et des effets des phénomènes destructeurs et dans l'évaluation des modes d'endommagement des éléments exposés. Suivant ce constat et à propos de mouvements de terrain, Leone *et al.* proposent une méthode de constat d'endommagement, dont l'un des objectifs est de fournir une évaluation précise des dommages essentiels, et par conséquent, de la vulnérabilité.

2. Les facteurs de vulnérabilité

Les facteurs de vulnérabilité présentés lors du colloque, souvent de manière fragmentaire et rarement au cœur des communications, sont à la fois nombreux et variés. Ils peuvent se regrouper en huit ensembles de facteurs inégalement évoqués (fig. 5).

1. *La question de la croissance démographique et urbaine et de son accélération ainsi que celle des modes d'occupation et d'utilisation du sol* reviennent le plus fréquemment. Le cas des villes de Manizales

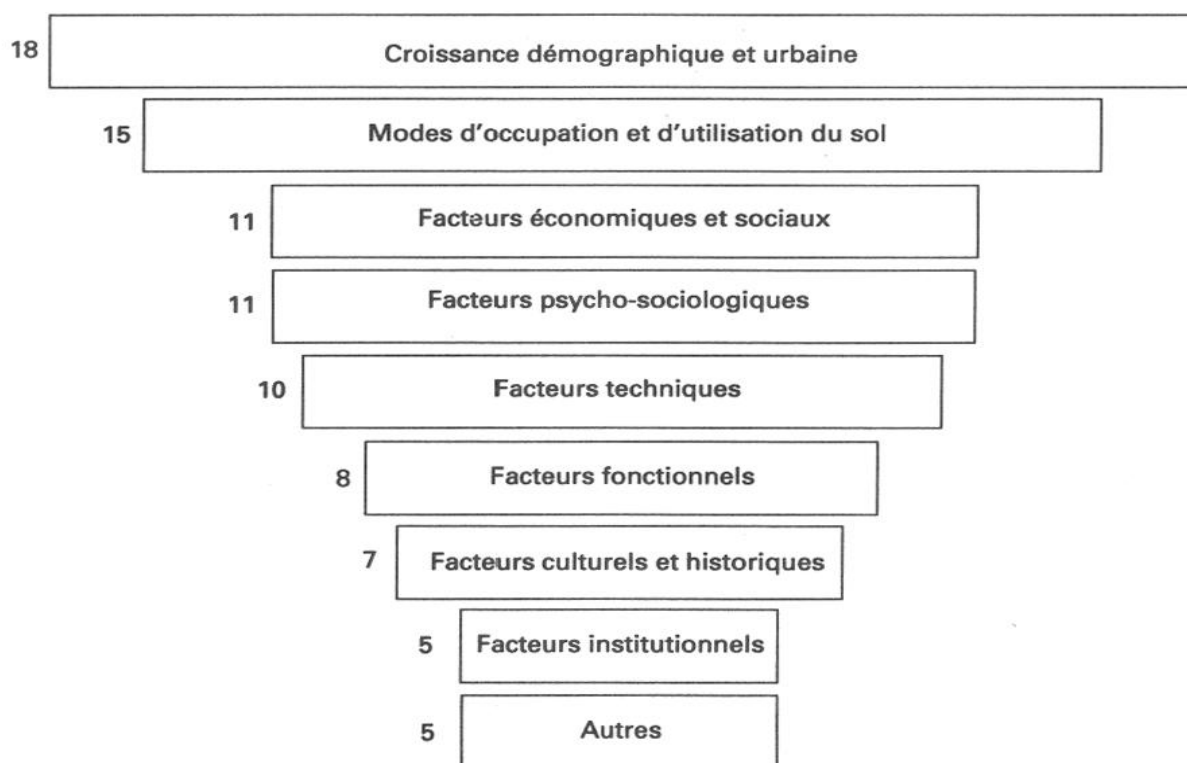


Fig. 5. Importance relative des facteurs de vulnérabilité dans les contributions (fréquence d'évocation indiquée par les nombres).

(Colombie), Kingston (Jamaïque), Antananarivo (Madagascar) ou encore Kathmandu (Népal) est particulièrement révélateur. L'exposition croissante aux menaces est liée à l'occupation incontrôlée de zones inondables à Arequipa (Pérou), à Limbé (Cameroun) ou à la Réunion; de zones susceptibles d'être affectées par les produits d'une éruption volcanique à Cartago (Costa-Rica) ou sur les flancs du Merapi à Java; de secteurs urbanisés sur des failles actives comme à Chlef (Algérie). L'occupation irrationnelle de terrains à forte pente, la destabilisation de versants par déboisement ou les écoulements modifiés par l'urbanisation constituent également des facteurs de vulnérabilité à Puriscal (Costa Rica), Pereira (Colombie), Limbe, Kathmandu, etc.

2. *Les facteurs socio-économiques de vulnérabilité* sont généralement associés aux modes d'occupation du sol. La toile de fond est constituée par le processus d'urbanisation dans un contexte de crise ou de fluctuations économiques (Carreño, Dory). Plus précisément, l'exode rural, la spéculation foncière, les pratiques clientélistes et la recherche de la proximité des centres actifs de la ville constituent les principaux facteurs évoqués pour comprendre l'afflux de populations contraintes d'occuper des terrains à risque. C'est le cas de la plupart des grandes villes d'Amérique latine (Colin-Delavaud). Les possibilités illusoires de tirer profit des catastrophes et des promesses de la reconstruction débouchent sur le même type de situation (exemple de la ville de Popayan en Colombie). Mais le résultat de ces situations est-il toujours en défaveur des groupes sociaux les plus pauvres? Cela est communément admis, mais n'est pas toujours prouvé (Dory).

3. *Les facteurs psycho-sociologiques de vulnérabilité*, parfois traités en eux-mêmes (Colbeau-Justin), apparaissent généralement de manière ponctuelle dans les communications. Dans certains cas, les gens ignorent vivre dans un secteur dangereux (Garry et Veyret), mais dans l'ensemble les risques naturels sont au moins perçus et font partie du quotidien (Colin-Delavaud). La question est donc de comprendre comment les personnes exposées perçoivent et vivent le risque. La mémoire des catastrophes qui s'atténue et se déforme avec le temps ou l'habitude de vivre des phénomènes peut-être graves mais non exceptionnels, associée à la sous-estimation de l'ampleur potentielle de certains d'entre eux, font baisser la garde. C'est entre autres le cas à Arequipa ou dans les villes antillaises. Le sentiment de sécurité provoqué par les ouvrages de protection et de manière générale par les progrès techniques ont un effet identique, par exemple à Popayan. A cela s'ajoute la peur ou les attitudes fatalistes, confortées par le discours souvent alarmiste ou sensationnaliste des médias (Bermudez). Mais les menaces naturelles ne sont pas seulement perçues et vécues d'après la représentation de leurs effets, elles entrent aussi en concurrence avec d'autres contraintes d'ordre économique et social et du coup s'en trouvent relativisées. Les risques naturels sont ainsi souvent moins obsédants que d'autres risques dits sociaux ou urbains que sont le chômage, l'insécurité, la drogue, etc. (Dory, November). Certains espaces sont ainsi perçus comme des lieux de risque par l'observateur extérieur, alors qu'il ne le sont pas vu de l'intérieur, ce qui semble être le cas des favelas de Rio (November).

4. A ces facteurs psycho-sociologiques s'ajoutent des *facteurs davantage liés à la culture et à l'histoire des sociétés exposées*. C'est le cas de la transculturation imposée par les colonisations et l'adoption de modèles occidentaux (comme les types de constructions) peu conformes aux besoins de sécurité des P.E.D. Cusco au Pérou en fournit un exemple. Ce sont les traditions, autoconstruction, pratiques politiques laxistes, rejet dans la nature de déchets et produits encombrants, qui constituent aujourd'hui non seulement une atteinte à l'environnement mais des sources de risque (Pagney). C'est également la fatalité et la résignation liées aux croyances, aux religions, aux superstitions (Colbeau-Justin, Mora et Bermudez).

5. En ce qui concerne *les facteurs techniques de vulnérabilité*, l'accent est placé sur la mauvaise qualité des constructions généralement inadaptées au milieu (à Cusco, par exemple) ou aux contraintes sismiques (à Chlef, à Limbé). Les inondations sont favorisées par une incapacité technique de maîtrise des eaux, le sous-dimensionnement et l'absence d'entretien des ouvrages. Les systèmes techniques de construction des routes s'avèrent souvent inadéquats et facilitent le développement de mouvements de terrain (à Kathmandou, à Puriscal, au Costa Rica). Les ouvrages de protection face à certains effets des éruptions volcaniques sont trop rudimentaires (exemple de Cartago au Costa Rica ou aux Philippines dans les régions exposées au volcan Pinatubo).

6. Alors que les facteurs techniques touchent essentiellement à la prévention, *les facteurs fonctionnels* concernent la gestion des crises et plus précisément la qualité opérationnelle des organisations et des moyens techniques et humains mis en œuvre. D'après J.P. Gout, dans la mesure où la maîtrise de l'occupation du sol est très difficile, il est nécessaire d'axer les efforts vers la prévision temporelle et la mise en place de structures locales de sécurité civile («le maillon manquant» entre les structures régionales et la population). Le problème de la prévision, de la surveillance et de l'alerte, est également signalé à propos de crues de rivières à très faible temps de réponse (exemple des Antilles) ou de lahars à Quito. Par ailleurs, la communication difficile entre les divers acteurs (scientifiques, décideurs, journalistes et population) constitue un obstacle majeur (Velásquez *et al.*).

7. Avec *les facteurs institutionnels et politico-administratifs de vulnérabilité*, ce sont les rouages du système de gestion des risques qui sont à appréhender en considérant notamment les échelles et domaines de compétence des organismes concernés et la qualité des relais aux niveaux national, régional et local, afin de mettre en évidence les dysfonctionnements (Thouret et d'Ercole). Il s'agit aussi de faire apparaître, à l'aide d'indicateurs, les facteurs technico-administratifs ou les enjeux politiques et stratégiques susceptibles de freiner une gestion rationnelle des risques. A défaut d'une véritable analyse, ce sont les insuffisances en la matière qui ont été soulignées. On signale l'absence de programmes de prévention, de préparation ou de manière plus générale de réflexion sur les risques dans le cadre de la planification urbaine (Collin-Delavaud, Carreño, Mora). Les pratiques politiques laxistes, les récupérations politiciennes, les

encouragements contradictoires, les opérations préventives bloquées par la pression sociale, l'obligation de valider des situations de fait dangereuses, sont parfois évoquées (à Antananarivo, à la Réunion, ou de manière générale en Amérique latine). La question de la législation et des réglementations est à peine discutée si ce n'est pour mettre en évidence leur inexistence ou pour éclairer un fait fort juste : les outils juridiques mis en place par les P.E.D. sont parfois plus nombreux que ce que l'on pense habituellement, en revanche ils pèchent par leur inefficacité (Collin-Delavaud).

8. Quelques *autres facteurs de vulnérabilité* ont été signalés, notamment la question des assurances dont la couverture est très faible dans les P.E.D. (Ledoux). Il s'agit aussi des facteurs conjoncturels ou contingents, s'opposant à l'ensemble des facteurs signalés ci-dessus que l'on peut considérer comme structurels (Thouret et d'Ercole) : contraintes de localisation, lieu et moment précis de l'impact, style du phénomène, dysfonctionnements urbains, fonctionnels et techniques, blocages institutionnels temporaires et imprévisibles, etc.

3. De l'évaluation à la réduction de la vulnérabilité

De la vulnérabilité à la gestion des risques

Il est clair que quelle que soit la manière d'évaluer ou de mesurer la vulnérabilité, le but ultime est de tenter de la réduire. Il s'agit alors de porter un regard critique sur les liens existant entre les approches à l'amont et les applications à l'aval. Pour simplifier, on observe au moins trois types de situations :

- Certains considèrent et présentent la vulnérabilité comme un système où éléments vulnérables et facteur de vulnérabilité sont en interaction, mais ne débouchent pas sur des propositions concrètes de réduction.
- D'autres évoquent ou analysent certains facteurs de vulnérabilité et proposent parfois des solutions directement liées aux problèmes évoqués (actions de surveillance, travaux d'aménagement, mesures de protection civile, éducation, etc.). Cependant, si ces solutions paraissent pertinentes, elles ne tiennent généralement pas compte du contexte et des contraintes qui rendent leur utilisation ou leur application difficile, voire impossible.
- D'autres encore se situent à l'aval et proposent des outils d'aide à la décision ou de gestion des risques. Toutefois, ils sont parfois déconnectés de la diversité des problèmes amont, car ils ne considèrent que certains aspects de la question, voire un seul.

Ces différentes approches sont à l'évidence extrêmement utiles et novatrices pour la plupart, mais le lien entre la phase d'évaluation de la vulnérabilité et celle qui, à travers méthodes et outils divers, vise à la réduire, pose problème. Cette vision simplificatrice de la réalité doit cependant être nuancée, car plusieurs communications tentent de bâtir des relations étroites entre ces deux phases. Il s'agit par exemple des études portant sur le trans-

fert de méthodes occidentales dans les P.E.D. (Garry et Veyret, Ledoux, Rosenfeld et Pearson). D'autres contributions se préoccupent peut-être davantage de la question des relations, mais en sont encore au stade méthodologique (Charbon, Leone *et al.*, Prieto et Cardona, Thouret et d'Ercole...). Il s'agit donc là d'un axe de recherche important à développer.

De la gestion des crises à l'évaluation de la vulnérabilité

Une démarche inverse de la précédente consiste à partir de la crise et de ses conséquences et de considérer les actions de réduction de la vulnérabilité entreprises dans le cadre d'une reconstruction et d'une réhabilitation consécutives à un désastre. La vulnérabilité des collectivités affectées, affichée avant la catastrophe, peut varier très sensiblement suivant la manière dont les périodes postérieures aux crises sont gérées. Elle peut être atténuée ou contraire amplifiée. Elle peut également changer de nature. L'intérêt de la démarche est présentée à propos de la ville de Popayan (d'Ercole).

4. Vers une convergence des différentes approches et perspectives

Vers une convergence par l'analyse de système

Les communications traitant de la vulnérabilité des espaces urbanisés et les débats engagés ont fourni des éléments de réponse à trois grosses questions préalablement posées :

- le concept de vulnérabilité a-t-il la même signification pour tous ?
- comment appréhender la vulnérabilité compte-tenu de la pluralité des variables qui la composent, notamment en milieu urbain et dans les P.E.D. ? La vulnérabilité s'inscrit-elle alors dans une analyse de système ?
- comment éviter l'éclatement des approches et tendre vers une réflexion commune, permettant en particulier de bâtir un lien plus étroit entre l'évaluation et la réduction de la vulnérabilité ?

La réponse à la première question est claire. Le concept de vulnérabilité n'a pas la même signification pour tous et cela a été démontré. A l'approche classique de la vulnérabilité qui mesure un endommagement potentiel des biens et des personnes et ses répercussions sur l'environnement économique, semble s'opposer celle qui considère la vulnérabilité des sociétés à travers leur capacité de réponse à des crises potentielles. Cette capacité est elle-même liée à un ensemble de facteurs structurels et contingents qui peuvent être analysés séparément, mais dont les interrelations s'avèrent complexes. C'est pourquoi, toute analyse de vulnérabilité, surtout lorsqu'il s'agit du monde urbain qui tend à multiplier et diversifier les facteurs de vulnérabilité, peut difficilement s'affranchir d'une démarche systématique.

Suivant cette démarche, il ne peut être concevable de dissocier chacun

des éléments du système (éléments vulnérables et/ou facteurs) si ce n'est de manière artificielle, à des fins d'analyse. Mais l'analyse doit être considérée comme un préalable à une appréciation globale des conditions de vulnérabilité, elle-même précédant toute entreprise efficace de réduction. Par exemple, agir sur des aspects purement techniques, raison apparente de la vulnérabilité, risque de n'avoir qu'un effet limité si des facteurs économiques sont en cause, et ces derniers peuvent s'avérer secondaires si les valeurs sociales constituent le problème de fond. Seule une approche systémique peut ainsi permettre d'identifier les véritables cibles sur lesquelles on peut tenter d'agir. Des travaux de recherches doivent se développer dans cette direction.

La synthèse des diverses contributions ayant abordé la question de la vulnérabilité (fig. 3), permet de concevoir l'intérêt de l'approche systémique et de mettre en évidence des liens entre des approches qui, loin de s'opposer, s'avèrent en fait complémentaires. C'est ainsi qu'un constat d'endommagement apparaît insuffisant sans une bonne appréciation de la propension à subir des dommages. Mais l'inverse est aussi vrai. De plus, il existe des liens étroits entre cette propension, qui répond à un certain nombre de facteurs de vulnérabilité en interaction, et un indice de perte issu de considérations purement techniques. C'est aussi sur ces liens que des efforts de recherche doivent être entrepris pour une juste appréciation de la vulnérabilité. Celle-ci permettrait de concevoir des outils plus adaptés aux différentes situations en agissant sur les éléments vulnérables et/ou sur les facteurs, ou, en d'autres termes, sur le système lui-même.

La question de l'élément vulnérable

Une dernière question, entre autres, reste en suspens : celle de l'élément vulnérable. Quelle que soit l'approche de la vulnérabilité proposée lors du colloque, les éléments vulnérables se limitent essentiellement aux personnes, aux biens et quelquefois aux enjeux économiques. Il s'agit d'un choix réducteur de la réalité, commode dans la mesure où il s'appuie sur des données quantitatives. Cependant, les éléments vulnérables (valeurs ou enjeux) peuvent être également d'ordre social, culturel, esthétique ou encore environnemental. Les enjeux sont aussi d'ordre géographique lorsque les modalités de développement d'une ville ou les hiérarchies urbaines dans une région donnée peuvent être remises en question en cas de catastrophe. Ces éléments sont évidemment moins commodes à évaluer, car moins quantifiables, mais ils ne demeurent pas moins importants à considérer pour une approche globale de la vulnérabilité. Là encore des pistes de recherche sont ouvertes.

En conclusion, la table ronde consacrée aux vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés a mis en évidence des divergences importantes à propos des concepts et des approches de la vulnérabilité. En dépit de la qualité des travaux réalisés, ces divergences nuisent à l'efficacité d'une recherche dont le but final est la réduction de la vulnérabilité. Principalement liées au cloisonnement actuel de la recherche dans ce domaine

(cloisonnement pluri-disciplinaire ou au sein d'une discipline comme la géographie), elles sont en fait plus apparentes que réelles. En effet, les différentes approches peuvent converger dans le cadre d'une analyse de système qui semble particulièrement adaptée au milieu urbain, où les variables à prendre en compte sont nombreuses, variées et complexes dans leur interaction. Des pistes nouvelles de recherche sont ainsi lancées.

THÈME 3

LES MÉTHODES ET OUTILS D'AIDE À LA PRÉVENTION ET À LA GESTION DU RISQUE EN MILIEU URBAIN

Une quinzaine de communications ont directement contribué au débat sur la question des méthodes et outils, dont le but est de fournir une aide à la prévention et à la gestion du risque en milieu urbain. De manière indirecte, d'autres interventions apportent également des éléments d'information et de réflexion dans ce domaine. Les contributions sont très variées dans la mesure où elles traitent de méthodes et d'outils déjà expérimentés ou souhaitables dans l'avenir; elles sont aussi très diverses car elles couvrent un champ très vaste, allant de la connaissance scientifique des phénomènes naturels ou anthropiques générateurs de catastrophes à des approches opérationnelles en matière de gestion des risques. Cependant, peu de communications proposent une réflexion globale sur la question, la plupart d'entre elles se cantonnant à des expériences certes intéressantes, mais orientées vers une technique particulière et des objectifs spécifiques. C'est pourquoi, au lieu de réaliser une typologie de ces méthodes et de ces outils, nous avons choisi de nous appuyer sur les besoins en matière de prévention et de gestion du risque. Cette démarche permet de mieux mettre en évidence les potentialités et les faiblesses de trois grands types de méthodes et d'outils, classés suivant une logique temporelle. La prévention et la gestion des risques exigent d'abord de prévoir et prédire le phénomène naturel potentiel et ses conséquences dommageables. Il s'agit ensuite de faire connaître les risques encourus et de déboucher sur une définition consensuelle de leur acceptabilité. Il s'agit enfin d'examiner les stratégies possibles pour éliminer ces risques ou les ramener à un niveau acceptable, puis de mettre en œuvre la panoplie des moyens nécessaires à l'accomplissement de la stratégie retenue.

1. Les méthodes et outils de prévision et de prédiction

Pour prévoir, il faut savoir quel type de phénomène doit être discerné et où se situent dans l'espace les éléments propices à sa manifestation. Pour cela, les investigations de terrain et l'expérience des situations vécues sont indispensables. Les résultats se présentent traditionnellement sous la forme de textes et de cartes généralement analytiques. Les études de Limbe (Zogning) ou de quartiers de Manizales (J. Sanchez *et al.*) illustrent,

parmi d'autres, ce type d'approche qui fournit de précieux inventaires à diverses échelles géographiques. D'autres auteurs utilisent ces données de base pour déboucher sur des outils plus synthétiques sous la forme, par exemple, de cartes de menaces potentielles ou de cartes de contraintes et d'aptitudes, comme dans le cas du Callejón de Huaylas au Pérou (Usselman). Les techniques de réalisation vont des plus empiriques aux plus sophistiquées avec l'usage de bases de données, de la télédétection ou d'un système d'information géographique (par exemple, Langer *et al.*, pour la vallée de Kathmandu).

De la prédiction, on attend la localisation probable d'un événement donné, ainsi que l'évaluation des conditions d'occurrence et des dommages potentiels. Pour cela, trois types de moyens sont nécessaires :

- des catalogues réunissant toutes les caractéristiques d'événements de même type, survenus dans le passé et suffisamment renseignés et explicites : dans ce sens, des études analogues à celles réalisées à Limbe (Zogning) ou à Arequipa (Huaman et Chorowicz) sont particulièrement utiles ;

- des modèles de comportement (hydrauliques, géotechniques, rhéologiques...) permettant de cerner tous les facteurs qui conditionnent le mécanisme des phénomènes : par exemple, méthode pour un microzonage des lahars du volcan Merapi à Java au 1/10 000 (Lavigne et Thouret), surfaces recouvertes par les lahars du volcan Pichincha en Equateur selon trois scénarios (Peltre) ;

- des outils de prédiction ou des méthodes d'évaluation de l'évolution des facteurs aggravants ou déclenchants associés à des systèmes de surveillance : par exemple, observation et mesure de l'évolution de mouvements de terrain dans la région de Villavicencio en Colombie à l'aide de photos aériennes, d'images satellites et de S.I.G. (Nossin).

Qu'il s'agisse de prévision ou de prédiction et en dépit de quelques expériences prometteuses, les outils modernes de structuration et d'affichage des données, à des fins de recherche et/ou de communication, demeurent sous-employés. Les bases de connaissances disponibles ou en voie de constitution gagneront beaucoup en puissance avec les fonctionnalités de certains outils comme les S.I.G. et les hypermédias (Velásquez *et al.*).

2. Méthodes et outils pour la connaissance des risques et le consensus autour du risque acceptable

De nombreuses communications ont mis l'accent sur les techniques d'information, de préparation et de communication. En effet, les connaissances étant de plus en plus nombreuses et précises en matière de risques encourus et d'enjeux, l'écueil principal est celui du transfert de ces connaissances auprès des divers acteurs d'une crise potentielle que sont les populations, les décideurs et les voies de transmission, notamment les médias. Il s'agit là d'un défi de taille dans la mesure où une perception

commune et un partenariat des différents acteurs (particulièrement nombreux et hétérogènes en milieu urbain) est nécessaire pour déboucher sur un consensus autour du risque acceptable, préalable à la mise en place de stratégies de mitigation.

En attendant, le consensus semble exister auprès des participants aux colloques dont les propositions, voisines sur le fond, visent à éviter tout ésotérisme scientifique et technique en gardant les éléments indispensables pour une information et une aide à la décision efficaces. Cependant, elles diffèrent sensiblement sur la forme. Trois types principaux d'outils sont proposés. Ils concernent principalement les décideurs.

- les documents cartographiques directement opérationnels, adaptés aux besoins des décideurs en matière de sensibilisation, de planification urbaine, de gestion des situations de crise (évacuation notamment). C'est le cas de la carte des risques associés aux lahars du Merapi à Java (Lavigne et Thouret), des cartes de contraintes et d'aptitudes réalisées en milieu urbain en Colombie (Hermelin) ou au Pérou (Usselman), ou encore de la cartographie dynamique du risque d'inondation à Créteil-Valençon (Steinberg). Les cartes sont parfois regroupées dans des atlas destinés à former, informer et fournir des outils de travail pour la mise en place de politiques d'aménagement régional; c'est le cas de l'Atlas des risques majeurs à la Réunion (Stieltjes);

- les bases de données multimédias permettant de recourir facilement à des documents très variés (témoignages, photos anciennes, etc.) et les images de synthèse réalisables à l'aide d'outils puissants comme les S.I.G., les modèles numériques de terrain, etc. En matière de mouvements de terrain, par exemple, l'apport de ces outils est très important, car ils aident à expliciter les conditions de risque en reconstituant la géométrie tridimensionnelle de l'objet d'investigation (Velásquez *et al.*);

- les simulacres d'évacuation constituent un moyen particulier d'information et de préparation dans la mesure où ils permettent d'affronter concrètement les problèmes susceptibles de se présenter lors d'une situation d'urgence. Ils sont destinés à tous les acteurs des crises potentielles. Le grand simulacre réalisé à Lima en juillet 1994 dans l'hypothèse d'un tremblement de terre a notamment permis de progresser dans le domaine de la communication: une véritable communication interinstitutionnelle est nécessaire pour préparer l'exercice, mais elle soulève des difficultés et des obstacles pendant l'opération (Chang).

A côté de ces outils, le débat a également porté sur les scénarios de risques qui constituent davantage une démarche qu'un outil. La cartographie, les images de synthèse ou les simulacres se fondent d'ailleurs généralement sur des scénarios. On entend par scénarios de risques une présentation explicite et la plus vraisemblable possible de la magnitude et de l'extension spatiale d'un phénomène potentiel donné et de l'intensité des dommages, préjudices et dysfonctionnements qu'il est susceptible de provoquer de façon directe ou indirecte sur les divers éléments exposés (Chatelain *et al.*, Velásquez *et al.*). Il faut donc associer à chaque scénario phénoménologique un bilan consolidé de l'ensemble des enjeux aussi bien économiques que socio-politiques. Dans ce sens, les travaux engagés par

Leone *et al.*, à propos de constats d'endommagement et de vulnérabilité appliquée aux phénomènes de mouvements de terrain s'avèrent particulièrement utiles. Les scénarios sismiques élaborés à Quito par une équipe pluridisciplinaire (Chatelain *et al.*) constituent un bon exemple de démarche destinée à fournir aux décideurs des outils de sensibilisation percutants. Ayant pour support des livrets ou des plaquettes, les résultats sont présentés à l'aide de cartes en couleurs et sous forme de récits des événements qui suivent les séismes à diverses échelles de temps.

3. Méthodes et outils d'aide à la sélection et à la mise en œuvre de stratégies de réduction des risques

Ces méthodes et outils doivent permettre de montrer ce qu'il est envisageable de faire pour agir sur les deux composantes principales du risque encouru, c'est-à-dire sur le phénomène et sur les enjeux.

Dans le premier cas, il est nécessaire d'avoir une très bonne connaissance à la fois des phénomènes et des coûts de mise en œuvre des ouvrages destinés à réduire les risques. Cela est illustré par le projet Melamchi d'alimentation en eau de Kathmandu, dont le but est de rechercher un tracé de canal qui soit à la fois le plus sûr et le plus économique (Bardinet et Bournay). Dans le même ordre d'idées, Rosenfeld et Pearson montrent à travers le cas des vallées dévastées par les lahars au Mont Saint-Helens (Etats-Unis) et au Pinatubo (Philippines), des stratégies très différentes de protection, en raison de contextes socio-économiques eux-mêmes opposés.

Dans le deuxième cas, il s'agit d'agir sur les enjeux, soit en les rendant moins vulnérables, soit en les enlevant, à plus long terme, de la zone où les phénomènes destructeurs sont susceptibles de se développer. L'expérience de Manizales présentée par S.D. Prieto, en matière de planification préventive de l'espace urbain, peut illustrer ce type de démarche, notamment à propos du relogement de populations menacées par les mouvements de terrain. En ce qui concerne l'action sur la vulnérabilité, quelques éléments de réflexion ont été fournis lors de la seconde table-ronde consacrée aux vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés.

Dans les deux cas, il est essentiel de pouvoir disposer de systèmes d'évaluation du rapport entre le coût et les bénéfices de stratégies de prévention. Aucune communication n'a directement porté sur cette question. L'étude de S. Mora à propos de la vulnérabilité économique de Cartago (Costa Rica) fournit néanmoins l'un des volets de la question. Les pertes économiques liées au passage de lahars sur la ville ont été évaluées suivant trois scénarios.

Conclusion: potentialités et limites

Cette rapide synthèse des méthodes et outils d'aide à la prévention et à la gestion du risque en milieu urbain révèle, outre leur diversité, des

potentialités et des limites que les débats ont permis de mettre en évidence. De réels progrès sont en cours et ils doivent beaucoup à l'informatique. Cependant, ces progrès demeurent entravés par les difficultés qui persistent pour la constitution de bases de données pertinentes, avec deux causes principales :

- le manque de moyens financiers pour exploiter les expériences fournies par les événements en cours. Ces événements ayant toujours un caractère non prévu, les financements mobilisés pour y faire face sont exclusivement tournés vers la réparation des dommages et non vers les spéculations scientifiques;

- la grande réserve de ceux qui ont l'expérience de situations vécues à en communiquer les enseignements, compte tenu de leurs propres incertitudes.

Il faut donc espérer que ces deux causes principales de difficultés soient vite compensées pour ne pas freiner les indispensables progrès en cours.

ANNEXE

Le colloque international « Croissance urbaine et risques naturels » s'est déroulé à l'Université Blaise-Pascal (Clermont II) les 2 et 3 décembre 1994. L'impact international de ce colloque, qui a réuni 70 personnes environ, est reflété par la délégation de 12 pays : Algérie, Allemagne, Cameroun, Colombie, Costa Rica, France, Pays-Bas, Pérou, Singapour, Suisse, Etats-Unis et l'Equateur représenté par nos collègues de l'O.R.S.T.O.M., 16 universités, 6 équipes du C.N.R.S., l'E.N.S. d'Ulm, 4 établissements publics scientifiques et techniques (O.R.S.T.O.M., B.R.G.M., C.E.M.A.G.R.E.F., G.I.P. Reclus), 4 ministères (Affaires Etrangères, Coopération, Environnement, Equipement) et plusieurs organismes de Recherche et de Développement ont également délégué leurs représentants.

Le colloque a été organisé grâce à la participation scientifique, l'aide technique et le soutien financier de : l'Association de Géographes Français (A.G.F., Paris); l'Association de la Revue de Géographie Alpine (R.G.A., Grenoble I); l'Observatoire de Physique du Globe de Clermont (O.P.G.C.), Université Blaise-Pascal-Clermont II; le C.E.R.A.M.A.C., Centre d'Etudes et de Recherches Appliquées au Massif Central, à la Moyenne Montagne et aux Espaces Fragiles; les U.F.R. Lettres et Sciences Humaines des Universités Blaise-Pascal et des Antilles-Guyane (Départements de Géographie); le C.I.F.E.G., Centre International de Formation et d'Echanges Géologiques (Orléans). La manifestation a été placée sous le patronage du Comité Français pour la Décennie Internationale de la Prévention des Catastrophes Naturelles, de la Délégation aux Risques Majeurs, Ministère de l'Environnement, de la « Commission on Natural Hazards » C.O.N.A.H.A. et du « Study Group on Vulnerability of Megacities », relevant de l'Union Géographique Internationale.

LISTE DES COMMUNICATIONS

THÈME 1

MENACES, CONTRAINTES ET RISQUES NATURELS:
DIAGNOSTIC INVENTAIRE ET TYPOLOGIE

- BOUGÈRE J. (décédé). – U.F.R. Géographie et Aménagement, C.I.M.A.-U.R.A. 366, Toulouse, « Contraintes et risques d'érosion dans les agglomérations de l'île de Mayotte (archipel des Comores – Océan Indien) ».
- CARREÑO R.C. – Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, « Risques naturels et développement urbain dans la ville andine de Cusco, Pérou ».
- GUPTA A. – Dept. of Geography, National University of Singapore, Singapore; AHMAD R., Dept. of Geology, University of the West Indies, Kingston, Jamaica, « Urban Steeplands in the Tropics: an environment of accelerated erosion ».
- HUAMAN-RODRIGO D., CHOROWICZ J. – Département de Géotectonique, U.R.A.-C.N.R.S. 1759 – Université Paris VI, « Histoire des catastrophes géologiques et estimation des menaces potentielles dans la région d'Arequipa (sud-ouest du Pérou) ».
- F. de JESUS SANCHEZ Z., L.M. TORO T., M. DEL C. PARILLA de Z. – Facultad de Geología y Minas, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia, « Riesgos naturales en el area de crecimiento urbano de los barrios Solferino – Sinaí al norte de la ciudad de Manizales ».
- MAGAGNOSC J.S. et KHELFAOUI M. – Centre Interuniversitaire d'Etudes Méditerranéennes et Département de Géographie, Université de Poitiers, « Réseau urbain et sismicité dans la Wilaya du Chlef (ex-Orléansville, ex-El Asnam, Algérie) ».
- PAGNEY F. – Département de géographie, Université des Antilles-Guyanne, Schoelcher, Martinique, « Villes de piémont à risques d'inondations en îles tropicales: exemple des Antilles françaises ».
- PELTRE P. – U.R. Enjeux de l'urbanisation, O.R.S.T.O.M., Bondy, « Tentative de modélisation des lahars induits à Quito (Equateur) par une éruption cendreuse du volcan Pichincha ».
- ROSENFELD C.L. – Geosciences, Oregon State University, Corvallis, U.S.A.; PEARSON M.L., Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, U.S.A., « Catastrophic volcanic eruptions and mitigation strategies: a comparison between Mount St. Helens, U.S.A., and Pinatubo, Philippines ».
- SPENNEMANN D.H.R., Ph. D. – The Johnstone Centre of Parks, Charles Sturt University, Albury, Australia, « Settlement patterns and typhoon hazard on Majuro Atoll, Republic of Marshall Islands ».
- USSLEMANN P. – Maison de la Géographie, G.I.P. RECLUS, Montpellier, « Risques et catastrophes: le Callejon de Huaylas dans la Cordillère Blanca péruvienne ».
- ZOGNING A., chercheur I.N.C./M.I.N.R.E.S.T. associé à l'O.R.S.T.O.M., Yaoundé, Cameroun. – « Limbe: une ville de piémont d'un volcan actif en milieu tropical humide ».

THÈME 2

LES VULNÉRABILITÉS DES ESPACES URBANISÉS,
COMPORTEMENT SOCIAL ET CULTUREL: CONCEPTS, TYPOLOGIE, MODES D'ANALYSE

- M. BERMUDEZ Ch. – Escuela de Ciencias de la Comunicación colectiva, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, « Les désastres naturels dans les médias costaricains ».
- CHARDON A.C. – Universités J. Fourier, Grenoble I et Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand II; C.I.F.E.G. Orléans et P.A.D.E.M. Manizales, « Etude intégrée de la vulnérabilité de la ville de Manizales (Colombie) aux risques naturels ».
- COLBEAU-JUSTIN L. – Laboratoire de Psychologie de l'Environnement, U.R.A. 1270, Université Paris V René Descartes, « Les variables psycho-sociologiques dans les comportements face à l'aléa naturel ».
- COLLIN DELAVALD A. – Institut des Hautes Etudes de l'Amérique latine, Paris III, « Croissance urbaine et vulnérabilité "forcée" des villes d'Amérique latine ».
- D'ERCOLE R., Département de Géographie, Université des Antilles et de la Guyane, Schoelcher, Martinique, « La catastrophe et son impact à moyen terme: l'exemple de Popayan (Colombie), dix ans après le séisme du 31 mars 1983 ».
- DORY D. – Université Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand, « Approche contextuelle de la vulnérabilité face aux risques "naturels" à Manizales, Colombie ».
- LEONE F. – Bureau de Recherches Géologiques et Minières (Risques Naturels et Géoprospective) Marseille; J.P. Aste, E. Velasquez, Institut de Géographie Alpine, Université J. Fourier, Grenoble, « Contribution des constats d'endommagement aux analyses de vulnérabilité – Vers une méthodologie d'évaluation du risque appliquée aux phénomènes de mouvements de terrain ».

- LORION D. – Université de Paris X Nanterre, Université Saint-Denis de la Réunion, «Risques d'inondation sur la planète des Cabris à l'île de la Réunion».
- MORA S. – Depto. Geología, Inst. Costarricense de Electricidad, San José, Costa Rica, «La vulnérabilité sociale et économique de Cartago, Costa Rica, face aux multiples aléas».
- MORA S. – Depto. Geología, Inst. Costarricense de Electricidad, San José, Costa Rica; M. BERMUDEZ Ch., Escuela de Ciencias de la Comunicación colectiva, Universidad de Costa Rica, San José, «Puriscal, Costa Rica: une ville sur un glissement actif – Approche de la vulnérabilité sociale et économique et la perception de la population».
- NOVEMBER V. – Département de Géographie, Université de Genève, «Nécessité d'un questionnement théorique sur le rôle et la nature du risque dans l'espace urbain».
- RADASOA R. – L.T.M.U. U.R.A. 1244, Université Paris VIII, «Hydromorphologie urbaine en plaine rizicole inondable de montagne: le cas du Betsimitatatra, Antananarivo (Madagascar)».
- THOURET J.C. – U.R.A. 10-O.P.G.C. et Ceramac, Université Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand, et R. D'ERCOLE, Université des Antilles-Guyane, Schoelcher, Martinique, «Approche de la vulnérabilité socio-économique et géographique des grandes villes exposées aux risques "naturels"».

THÈME 3

LES OUTILS D'AIDE À LA PRÉVENTION URBAINE ET À LA GESTION DU RISQUE ET DE LA CRISE: MÉTHODOLOGIE ET SCÉNARIOS

- BARDINET C. – Ecole Normale Supérieure, Paris; E. BOURNEY, I.C.I.M.O.D.-M.E.N.R.I.S., Kathmandou, Népal, «Le projet Melanchi d'alimentation en eau de Kathmandou (Népal): recherche sur un MNT-3D SPOT d'un trajet sans risque pour un canal d'adduction d'eau».
- CHANG M. – Institut Géophysique du Pérou (I.G.P.), Lima, Pérou, «Différentes aspects concernant le grand simulacre de séisme et tsunami de Lima et Callao».
- CHATELAIN J.L. et al. – O.R.S.T.O.M., Quito, Equateur, Oyo Corporation, Saitama, Japon, Escuela Politecnica Nacional, Quito, Equateur, «Les scénarii sismiques comme outils d'aide à la décision pour l'évaluation des risques: l'exemple de Quito, Equateur».
- EDER F.W., ROUHBAN B. – Division of Earth Sciences, UNESCO, Paris, «The may 1994 World Conference on natural disaster reduction: its contribution to disaster prevention in urban systems».
- GARRY G. – Ministère de l'Équipement, Villes et Territoires, Paris; Y. VEYRET, Université de Paris VII, «La prévention du risque d'inondation: l'exemple français est-il transposable aux P.E.D.?»
- GOUT J.P. – Société française des Risques Majeurs, Grenoble, «Les outils locaux de la sécurité civile».
- HERMELIN M. – Universidad EAFIT, M.H. et A. Ltda, CARDER, Medellin, Colombia, «A method for zonification of urban areas in Colombia».
- LANGER M., HANISCH J. – Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Hannover, Germany; A. KOIRALA, Department of Mines and Geology, Kathmandu, Népal, «Geo-environmental maps for the development of Kathmandu City (Népal) – Préparation of engineering and environmental techniques and preparation of geo-hazard maps».
- LAVIGNE F., THOURET J.C. – C.E.R.A.M.A.C. et C.R.V.-O.P.G.C., Université Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand, «Méthode d'évaluation des risques et microzonage des lahars: l'exemple du Mérapî, Java, Indonésie».
- LEDoux B., G.I.P. RECLUS – Montpellier, «Les études de vulnérabilité dans la cartographie réglementaire des risques naturels à la Réunion (débordement des ravines): approche méthodologique, études de cas et réflexion sur leur finalité».
- MITCHELL J.K. – Dept. of Geography, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey, U.S.A., «Megacities and natural disasters: a collaborative project».
- NOSSIN J. – International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences I.T.C., Dept. Earth Resources Survey, Enschede, The Netherlands, «Monitoring of hazards and urban growth in Villavicencio, Colombia, using scanned air photos and satellite imagery».
- S.D. PRIETO R., O.D. CARDONA A., – Colombia, «La evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo sísmico: una contribución a la planificación urbana».
- STEINBERG J. – Institut d'urbanisme de Paris, Université Paris VIII, «La cartographie des risques naturels en zones urbanisées: pourquoi? pour qui? L'exemple de Créteil-Valenton (Val-de-Marne)».
- STIELTJES L. – B.R.G.M., Risques et Géoprospectives, Marseille, «L'atlas des risques majeurs à la Réunion».
- VELASQUEZ E. – Institut de Géographie Alpine, Grenoble, Universidad E.A.F.I.T., Colombie; J.P. ASTE, Institut de Géographie Alpine, Grenoble; F. LEONE, B.R.G.M., Marseille, «Réflexion sur les besoins de communication entre les divers intervenants dans la prévention des risques générés par les mouvements de terrain».